

MİKRO İMALAT YÖNTEMİYLE YÜZEY ŞEKİLLENDİRMENİN DENTAL İMPLANT UYGULAMALARINDAKİ OSSEOİNTEGRASYONA ETKİSİ

Sinan KÖSE*¹, Ömer Necati CORA¹, Hasan SOFUOĞLU¹

¹Makina Mühendisliği, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080, Trabzon, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Özet
Mikro İmalat Osseointegrasyon Dental İmplant Sonlu Elemanlar Yöntemi Gerilme Analizi	Dental implant üretiminde kullanılmakta olan mikro imalat teknikleri özellikle osseointegrasyon kalitesini etkileyebilecek farklı yüzey şekillendirme alternatiflerini ortaya çıkarmıştır. Ancak, günümüzde sıklıkla kullanılan, dental implant yüzey pürüzlendirme teknikleri ile osseointegrasyonun sağlanması, bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada, yüzeylerine mikro ölçekte yarım küresel çukurlar açılarak CNC tezgahlarında üretilen dental implantların osseointegrasyon sonrası çeşitli yüklem şartları altındaki gerilme değerleri belirlenmiştir. Çalışmada öncelikle, katı modelleme programları kullanılarak dental implant tasarımı gerçekleştirildi. İmplantın yiv yüzeyleri dışında kalan kısımlara 150 µm ve 300 µm çaplarında yarım küresel çukurlar açıldı. Sert kemik, yumuşak kemik, implant, abutment ve kaplamadan oluşan sistem üzerine aksel ve yatay ile 45°'lik açı yapacak şekilde yüklemeler uygulandı. Analiz için sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yüzeylerinde farklı boyutlarda çukur açılan sistemler ile yüzeyinde herhangi bir işlem yapılmayan ana sistemde gerilme değerleri elde edildi ve sonrasında birbirleriyle karşılaştırıldı. Çalışma sonucunda, mikro çukurlu sistemlerde gerilme değerlerinin özellikle çukurların sınırlarında pürüzsüz implantlara göre daha yüksek değerlere ulaştığı tespit edildi.

THE EFFECT OF SURFACE SHAPING ON OSSEOINTEGRATION OF DENTAL IMPLANT APPLICATIONS BY MICRO PRODUCTION METHOD

Keywords	Abstract
Micro Production Osseointegration Dental Prosthesis Finite Element Method Stress Analysis	Micro fabrication techniques used for the production of dental implants offer different surface shaping options particularly effective on the quality of osseointegration. However, to obtain osseointegration with current implant surface roughening techniques bring about various problems. These are mainly operating and maintenance costs of systems used in roughening process, high cost of powder used in blasting, being an imported material, health risk due to blasting powder, high noise at production area and adverse effects of chemicals used. The purpose of this study is to determine the stress values of dental implants with micro-scale hemispherical pockets on the surface produced at CNC machines under various loading conditions after osseointegration. In the study, solid modelling programs were used to design dental implant. Hemispherical cavities in the diameter of 150 and 300 µm are opened on the surface of dental implants excluding the grooved surfaces. Loadings were carried out axially and with the angle of 45° to the horizontal direction on the assembly consisted of hard and soft bones, implant, abutment and cover. Analysis was carried out by using finite element method. The stress values for the assemblies both with and without various sizes of hemispherical pocket on the implant surface were obtained and then compared to each other. The results of this study showed that stress values of implants with micro-scale hemispherical pits are higher than smooth surface implants particularly at the borders of pockets.

1. Giriş

İnsanoğlu günümüze dek karşılaşmış olduğu problemlere sistematik bir yaklaşım sergileyerek çözüm aramışlardır. Geçmişten günümüze kadar

sağlık alanında karşılaşılan uzuv kayıplarında veya görevlerini yerine getiremeyen çeşitli organlara destek amacıyla bunların vazifesini yapan çeşitli yapay uzuvlar geliştirilmektedir. Günümüzde en yaygın kullanılan yapay uzuvların başında başta

* İlgili yazar: sinan.kose.61@gmail.com

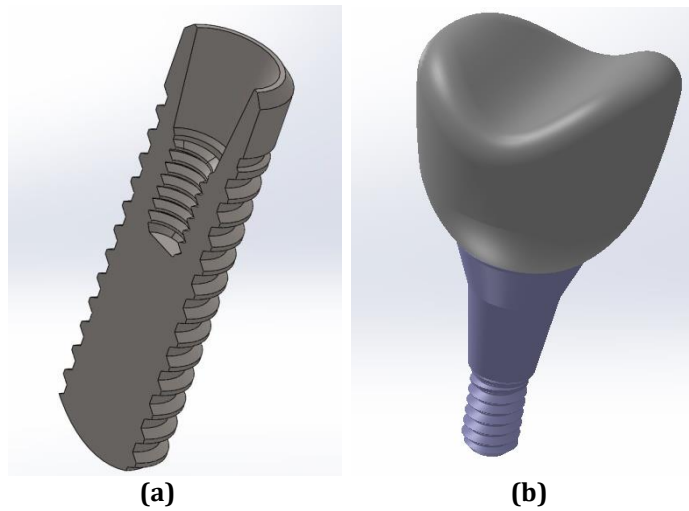
çiğneme, ısırma ve konuşmada bir pay sahibi olan canlı dişlerinin yerini alan ve kullanıldığı işlevselliğe göre yüksek başarı oranı gösteren dental implantlardır. Dental implantların başarıya ulaşabilmeleri başta implant immobilitesi olmak üzere, implant kemik ara yüzündeki kemik kaybının minimum olması, uygulama sonrası hasta konforu ve uygulama bölgesinde herhangi enfeksiyon veya enflamasyon bulgularına rastlanılmaması gibi bir takım etmenlerin değerlendirilmesiyle açıklanmaktadır. Dental implantlar, tek diş eksikliği vakalarında veya tamamıyla dişsiz çene kemiklerinde protezlerin çene kemiklerine sabitlenmesi durumlarında başarıyla uygulanabilmelerine rağmen değişen insan yapısı faktörü sebebiyle, bazen çeşitli olumsuzluklar ile de karşılaşılabilir (DeBoer, 1993). Uygulama bölgesindeki dental implant ile canlı kemik arasındaki yapısal ve fonksiyonel bağ olarak tanımlanan osseointegrasyonun (Albrektsson, 1986) başarısı hastanın konforu ve operasyonun başarısı için önem arz etmektedir.

Gelişmekte olan teknoloji, araştırmacıların biyomekaniğin uygulama alanlarındaki hareket kabiliyetini artırmakta ve yeni uygulama metotlarıyla sorunlara çözüm bulmanın yanında araştırma faaliyetlerini de hızlandırmaktadır. Yukarıda bahsedildiği üzere, dental implant başarısının başlıca göstergelerinden olan osseointegrasyonun yüksek başarı oranları sergileyebilmesi için günümüzde çeşitli teknolojik uygulamalardan yararlanılmaktadır. Örneğin; dental implant üretiminde kullanılmakta olan mikro imalat teknikleri özellikle osseointegrasyon kalitesini etkileyebilecek farklı yüzey şekillendirme alternatiflerini ortaya çıkarmıştır. Canlı kemik hücrelerinin dental implant yüzeylerine daha iyi tutunup dental implant-kemik sisteminin daha bütünlük bir yapı sergileyebilmesi

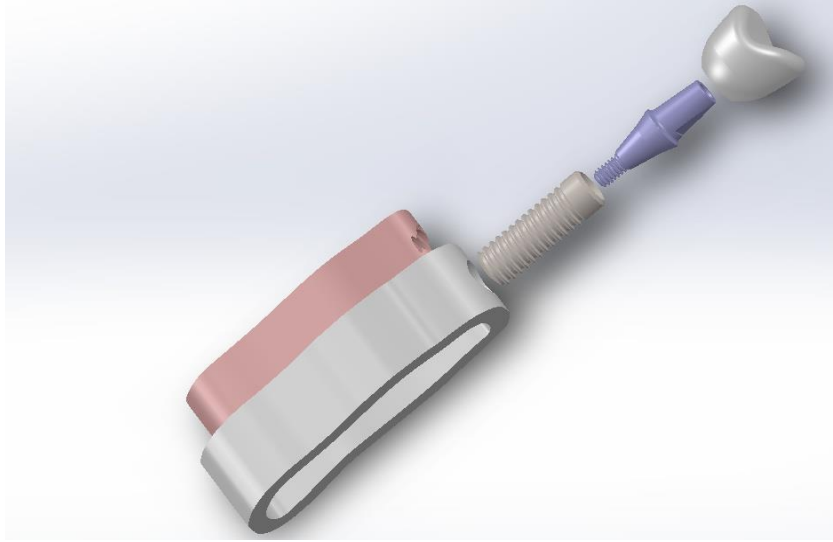
için çeşitli metal yüzey pürüzlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Kumlama yöntemi, asitle yüzey pürüzlendirme işlemlerini bu yöntemlerden sayabiliriz. Ancak, pürüzlendirme işlemlerinde kullanılan sistemlerin yüksek işletim ve bakım maliyetleri, kumlamada kullanılan tozun pahalı oluşu ve yurtdışından temin edilişi, tozdan kaynaklı sağlık sorunları, üretim alanında oluşan yüksek ses, kullanılan kimyasalların olumsuz etkileri bu yöntemlere ait bazı sorunların başında gelmektedir. Dental implant gibi hassas ve mikro düzeyde tasarım ve imalat çalışmalarının da içinde bulunduğu mikro imalat yöntemleri yardımıyla, kemik ve dental implant sistemleri arasındaki bütünleşmenin verimliliğinin artırılması arayışları söz konusudur. Bu çalışmanın amacı, yüzeylerine mikro ölçekte yarım küresel çukurlar açılarak CNC tezgâhlarında üretilen dental implantların osseointegrasyon sonrası çeşitli yüklemeye şartları altındaki gerilme değerlerinin belirlenmesi ve karşılaştırmalarının yapılmasıdır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, öncelikle günümüzde yaygın olarak kullanılan ve standart ölçülere yakın değerlerde bir dental implant tasarımı, katı modelleme programı yardımıyla oluşturuldu. Sonrasında, elde edilen bu implanta uyumlu abutment ve üst yapı tasarlandı (Şekil 1). Tek diş uygulaması olarak gerçekleştirilen çalışmamızda, üst yapının sırasıyla, abutment ve implant yardımıyla sabitlendiği 0,2 mm cidar kalınlığında ve 4 cm uzunluğundaki mandibulanın posterior bölgesinden kesit olarak alınan sert kemik ve sert kemik içerisinde bulunan yumuşak kemik modelleri gerçekleştirildi. Bu şekilde oluşturulan implant sistemi modeli ve montajı Şekil 2'de görülmektedir.



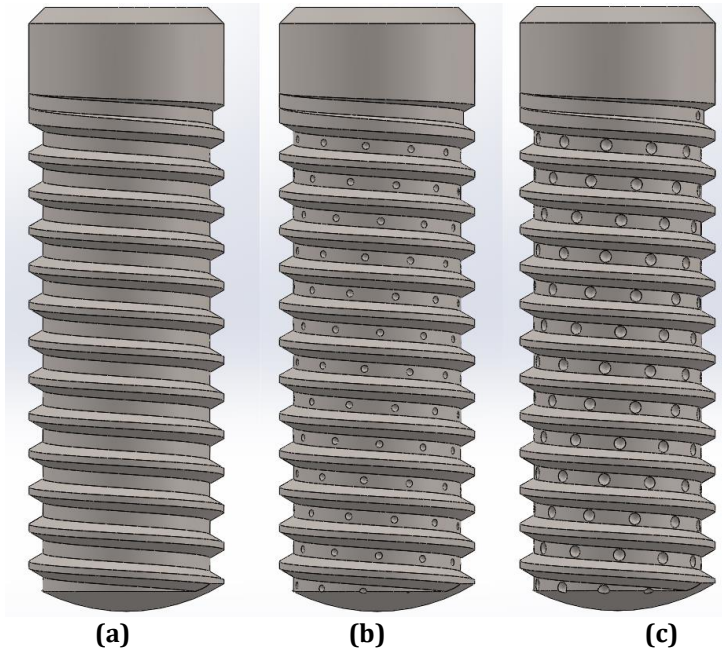
Şekil 1. Çalışmada kullanılan implantın sistemi. a) implant kesit görüntüsü, b) Abutment ve üst yapı



Şekil 2. Ana modeli oluşturan parçalar ve katı modelleri

Uygulama bölgesine yerleştirilen implant sistemi için farklı fiziksel yüzey hatlarına sahip üç adet implant kullanılmıştır. Bunlar, yüzeyinde herhangi bir pürüzlendirme çalışması gerçekleştirilmeyen ve karşılaştırma amacıyla kullanılacak olan implantın

yanı sıra, implant yivlerinin yüzeylerinin dışında kalan alanlara sırasıyla 150 µm ve 300 µm çaplarında yarım küresel çukurlar açılan diğer iki implant bu çalışmada incelenmiştir (Şekil 3).



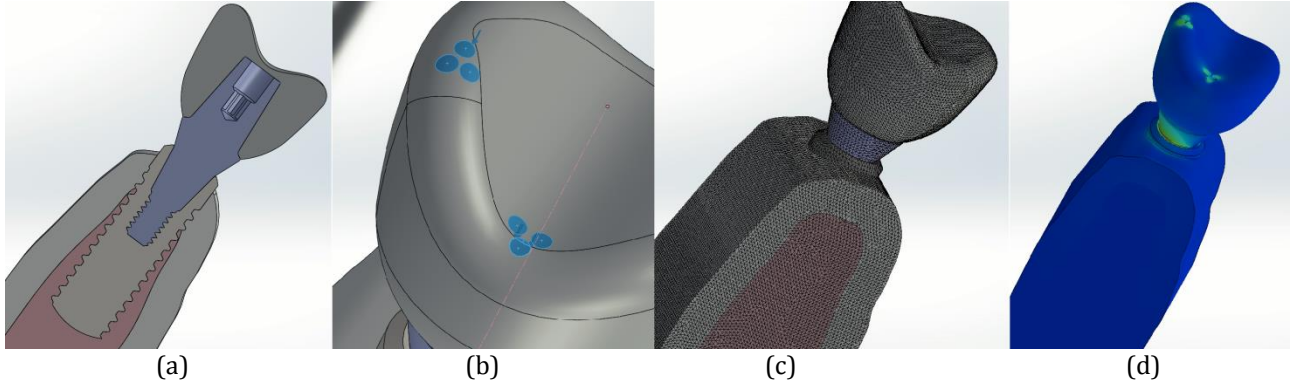
Şekil 3. İmplant tasarımları. a) karşılaştırma modeli, b) 150 µm çaplı yüzey çukurlu, c) 300 µm çaplı yüzey çukurlu

Yarım küresel çukurlar talaşlı imalat sırasında küre uçlu freze ucunun implant üzerindeki uygun koordinatlardan talaş kaldırmasıyla rahatlıkla elde edilebilmektedir. Modellerde bulunan çukur sayıları ve çukurların her birinin koordinatları aynıdır ve her iki modelde toplamda 147 adet mikro çukur bulunmaktadır. Böylece analiz sürecinde elde edilen ve karşılaştırmalarda kullanılan gerilme değerlerinin karşılaştırılabilirliği sağlanmaya çalışılmıştır. Gerilme değerlerinin elde edilmesinde maksimum ısırma kuvveti olarak 150 N alınmış ve bu değer implant destekli protezlerle gerçekleştirilen çalışmalardan alınmıştır (Rismanchian vd., 2009).

Sert kemik, yumuşak kemik, implant, abutment ve kaplamadan oluşan bu analiz modeline (Şekil 4.a), yükleme noktalarından aksel olarak ve yatay ile 45°'lik açı yapacak şekilde 150 N değerinde iki ayrı yükleme uygulandı. Bu yükleme değeri, Şekil 4.b'de görüleceği üzere ısırma durumunda üst yapı üzerindeki 6 ayrı kontak noktasındaki toplamda 500 µm²'lik temas alanına uygulanmıştır (Yavuzylmaz, 2007). Modellerde yan yüzeyler sabit tutularak ticari sonlu elemanlar programı yardımıyla, implant sistemini sonlu elemanlara ayırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.c). Ardından, oluşturulan bu sonlu elemanlar modelinin analiz işlemlerinin

sürdürülmesiyle, von-Mises gerilme değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.d). Literatürde bulunan benzer dental implant sonlu elemanlar çalışmalarında, von-Mises gerilme değerlerinin yeterliliği kabul edilmiş olmasından dolayı (Michailidis, 2013), biz de bu çalışmamızda sonuçlarımızı von-Mises gerilme değerleri üzerinden verdik.

Çalışma sürecinde modellerin gerçeğe en yakın değerler verebilmesi amacıyla sonlu elemanlar programına girilen malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmektedir.



Şekil 4. Çalışma modeli. a) ana montaj modeli kesiti, b) yükleme kontak noktaları, c) sonlu elemanlar modeli, d) gerilme değerleri haritası

Tablo 1. Sistemde kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri

Malzeme (Kullanılan parça)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson's Oranı	Kaynak
Zirconium (Kaplama)	99	0.30	Craig, 1989
Sert Kemik	14	0.30	Ma v.d., 2006
Yumuşak Kemik	1,5	0.30	Cowin, 1989
Titanyum (Dental İmplant)	110	0,35	Colling, 1984
Ti6Al4V (Abutment)	104,8	0,31	Solidworks Mat., 2012

3. Bulgular ve Tartışma

Düşey doğrultuda uygulanan 150 N'luk yük etkisiyle sırasıyla, sert ve yumuşak kemiklerde ve implantlarda meydana gelen gerilmeler, bu çalışmada incelenen tüm modeller (herhangi bir yüzey pürüzlendirme işlemi yapılmamış karşılaştırma modeli, yüzeyinde çapı 150 µm yarım küre olan ikinci model ve yüzeyinde çapı 250 µm yarım küre olan üçüncü model) için Tablo 2’de özetlenmiştir.

Tablodan da görüleceği üzere özellikle sert kemik üzerinde oluşan von-Mises gerilme değerleri, karşılaştırma modelinde 29,97 MPa iken ikinci modelde bu değer bir miktar düşüş göstermiş ve 29 MPa değerine kadar inmiştir. Üçüncü modelde, açıkça 250 µm çukur çaplı yüzeye sahip modelde ise, gerilme 29,78 MPa olarak elde edilmiştir. Bu da gerilme değerinin, çukur çapı arttıkça yükselme eğiliminde olduğunu göstermiştir.

Modellerdeki yumuşak kemiklerin incelenmesiyle elde edilen von-Mises gerilme değerleri sürekli artış göstermişlerdir. Çukursuz yüzey formuna sahip

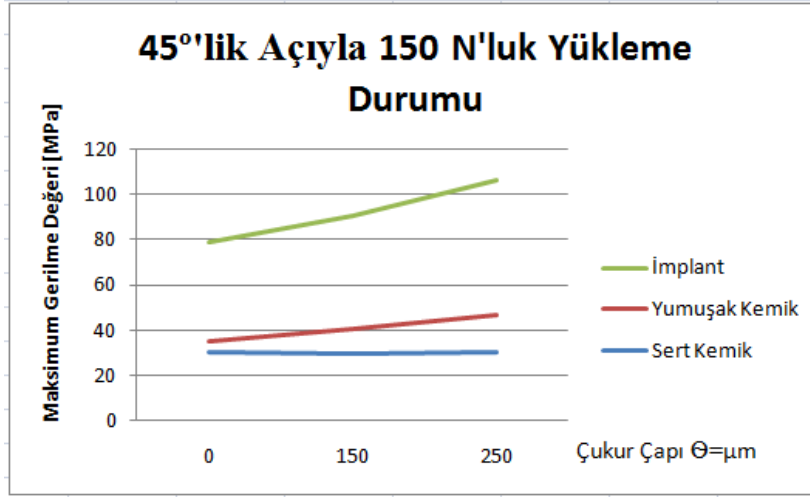
implant modelinde 20,15 MPa olan gerilme değeri, ikinci modelde 26,57 MPa ve üçüncü modelde 32,78 MPa olarak tespit edildi.

İmplantlar üzerindeki gerilme değerlerindeki değişimin ise, yumuşak kemikte olduğu gibi aynı eğilimi gösterip çukur çapı ile artış gösterdiği belirlendi. Pürüzsüz yüzey formuna sahip modeldeki implantta oluşan maksimum gerilme değeri 78,80 MPa iken, bu değer ikinci modelde 92,4 MPa ve üçüncü modelde 109,6 MPa olarak belirlendi.

Şekil 5 ile, 45°'lik açı ile 150 N'luk yük değeri uygulandığında her üç modeldeki sert ve yumuşak kemikler ve implantlar üzerindeki gerilme dağılımının grafiksel gösterimi verilmektedir. Tablo 2 ve Şekil 5 karşılaştırıldığında, bu çalışmada incelenen iki farklı yükleme durumu için; modellere 45°'lik açı ile 150 N'luk yük değerinin uygulanmasıyla elde edilen gerilme değerlerindeki değişimin, düşey doğrultuda 150 N'luk yükleme ile elde edilen gerilme değişimleriyle aynı eğilimi sergilediği kolayca görülmektedir.

Tablo 2. Düşey doğrultuda uygulanan 150 N'luk yükleme için tüm modellerde elde edilen von-Mises gerilme değerleri

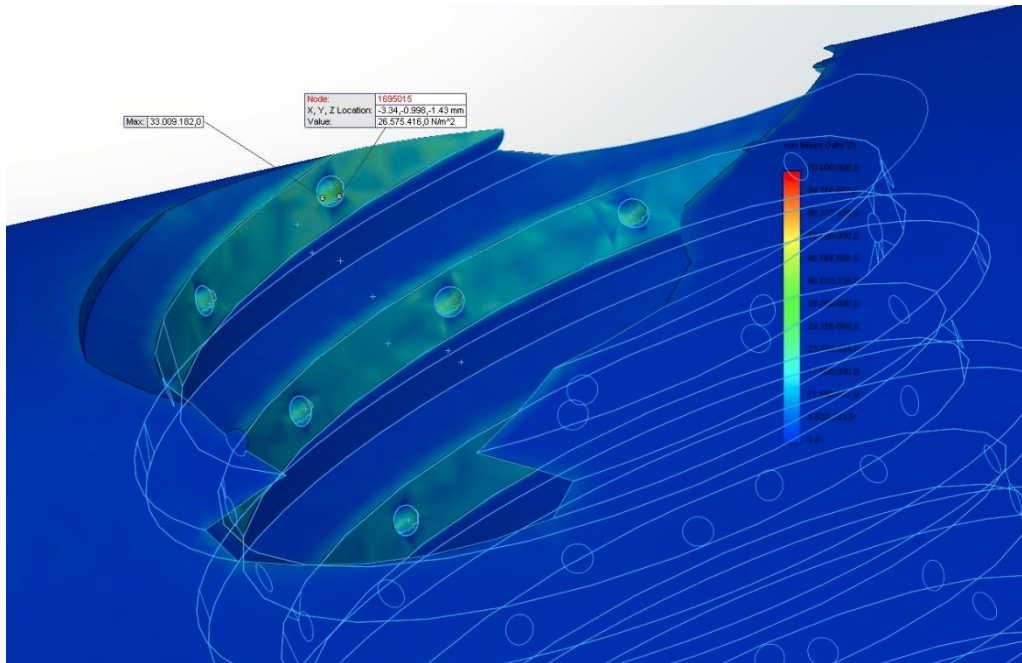
Model	Sert Kemik [MPa]	Yumuşak Kemik [MPa]	İmplant [MPa]
Yüzeyi Çukursuz Model	29,97	20,15	78,80
2. Model: Yüzeyinde çapı 150 µm yarım küre olan model	29,00	26,57	92,4
3. Model: Yüzeyinde çapı 250 µm yarım küre olan model	29,78	32,78	109,6



Şekil 5. Gerilme değerlerinin grafiksel gösterimi

Şekil 5 incelendiğinde, yumuşak kemik üzerindeki gerilme değerlerinde sürekli bir artış olduğu görülmüştür. Özellikle yumuşak kemiklerin gerilme değeri haritalarına bakıldığında oluşan maksimum gerilmeler, küresel form verilen yüzeyin keskin köşelerinde ki; çukurlu bölge olarak adlandırılan bu

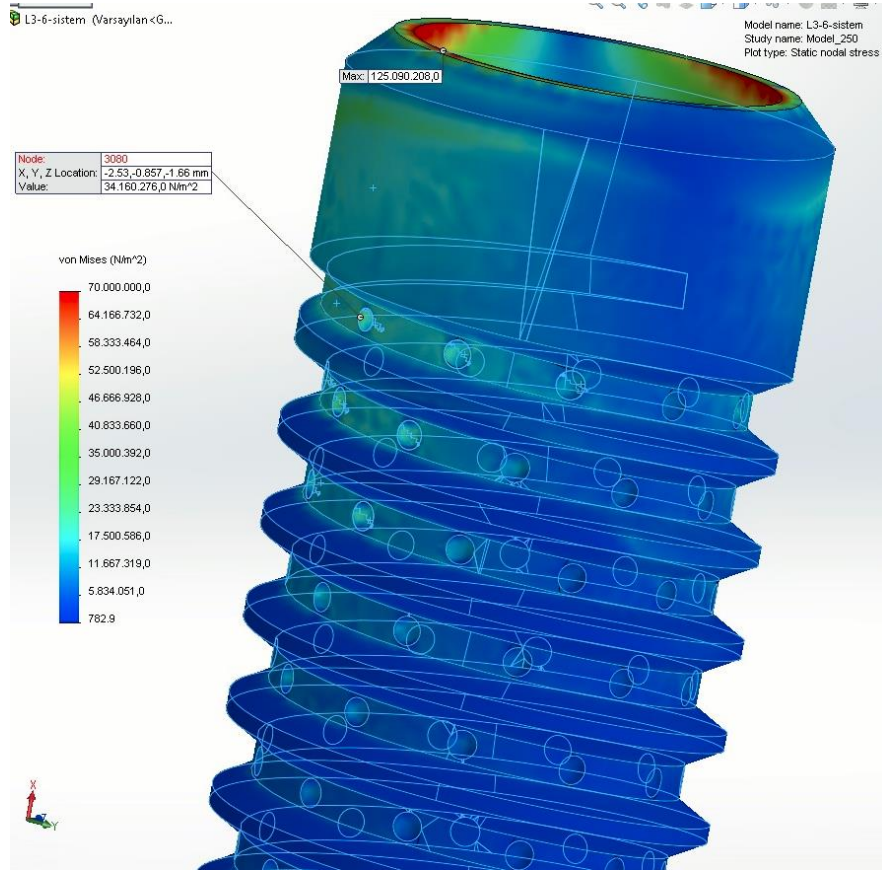
alanları osseointegrasyon sonucu doldurmuş yumuşak kemik dokusu bulunmaktadır, oluştuğu görülmüştür (Şekil 6). Bu bölgelerin dışında ise gerilme değerlerinin gayet düşük değerlerde olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 6. Yumuşak kemik üzerindeki maksimum gerilmenin yığılma bölgesi

Şekil 5'e sert kemik açısından bakıldığında, yüzey pürüzlendirmenin belirli seviyelere kadar gerilme değerlerini düşürdüğü (çukur çapı 150 µm olan modelde minimum) fakat artmakta olan çukur çapı ile gerilme değerinin tekrar bir artış eğilimi sergilediği görülmektedir. Sert kemik için maksimum gerilme değerleri, yine çukur bölgelerinin doldurulmasıyla oluşan küresel formların keskin köşelerinde ortaya çıkmıştır. Bu bulgular keskin köşeli yapılarda meydana gelen gerilme yığılmalarının bir sonucudur.

Modellerdeki implantlar incelendiğinde ise, 150 µm çukur çap değerine sahip ikinci modele kadar hızlı bir gerilme artışı sergilenmiş olup, üçüncü modelde bu artışın ivmesi oldukça düşük kalmıştır. Şekil 7'den kolayca görüleceği üzere, implantlar üzerinde meydana gelen gerilme değerleri abutment-implant temas bölgesinde yoğunlaşmıştır.



Şekil 7. Dental implant üzerinde oluşan gerilme dağılımı haritası

Chrcanovic v.d. (2014)'nin çalışmalarında elde edilen sonuçlarla, bu çalışmada tespit edilen abutment ile implant temas yüzeylerinde ortaya çıkan yüksek değerlerdeki gerilme bulguları benzerlik göstermiş olup bir açıdan bu çalışmayı teyit etmiş olmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışmada, yüzeylerine mikro ölçekte yarım küresel çukurlar açılmış dental implantların osseointegrasyon sonrası iki farklı yükleme şartları altındaki gerilme değerleri incelenmiştir. Sonuç olarak, implant yüzeylerine mikro imalat yöntemleriyle yarım küresel pürüzler açılması, çukur bölgelerin keskin kenarlarına yığılması şeklinde gerilmelerin değerlerini artırarak istenilmeyen bir durum oluşturmuştur. Ancak buradan bir de, keskin

olmayan yüzey hattına sahip yeni mikro pürüzlendirme formlarıyla bu çalışmanın tekrarlanarak, elde edilen gerilmelerin değerlendirilmesi sonucuna varılmıştır.

Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

Albrektsson, T., Jansson, T., Lekholm, U., 1986. Osseointegrated dental implants. Dental Clin. North America, 30: 151-174.

- Chrcanovic, B. R., Albrektsson, T., Wennerberg, A., 2014. Reason for failures of oral implants. *Journal of Oral Rehabilitation*, 41; 443 – 476.
- Craig RG., *Restorative Dental Materials*, 8th Ed. St. Louis (MO), Mosby; 1989; 84.
- Cowin SC., *Bone Mechanics*, Boca Raton (FL), CRC Press; 1989.
- Colling EW., *The Physical Metallurgy of Titanium Alloys*, Metals Park (OH): American Society for Metals; 1984.
- DeBoer, J., Edentulous implants: overdenture versus fixed. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 69,4 (1993) 386-390.
- Ma, P., Li, D.H., Peng, Q.J., Kuang, W., Shi, Z., Lin, S., Wu, X.X., Li, S.H., Li, W.N. Self-Adaptation Function of Pro/ENGINEER Software in Constructing 3-D Model Data of Screw Implant, *Chinese Journal of Medical Aesthetics and Cosmetics* 2006; 12: 28–30.
- Michailidis, N., Karabinas, G., Maliaris, G., Tsipas, D., Koidis, P., 2013. A FEM based endosteal implant simulation to determine on stress induced implant failure. *Bio-Medical Materials and Engineering*, 23, 317 – 327.
- Rismanchian, M., Bajoghli, F., Mostajeran, Z., Fazel, A. ve Eshkevari, P., Effect of implants on maximum bite force in edentulous patients. *Journal of Oral Implantology*, 35,4 (2009) 196-200.
- SolidWorks Material Library, 2012.
- Yavuzylmaz, H., *Diş Morfolojisi-Fizyolojisi ve Oklüzyon*, Gazi Üniversitesi İletişim Fakültesi Basımevi, 2007.